

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



ELABORACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN
DE FOSFATOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS DE CONSUMO HUMANO
UTILIZANDO EL MÉTODO COLORIMÉTRICO DEL ÁCIDO
VANADOMOLIBDOFOSFÓRICO

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DIPLOMADO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR
GERARDO JOSUÉ CISNEROS QUINTANILLA
JENNIFER IDANIA DUARTE ZECEÑA

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO (A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

OCTUBRE, 2024

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORA DE ÁREA EN ANÁLISIS DE ALIMENTOS

MAESTRA DINORAH DEL CARMEN RODRÍGUEZ DE LAÍNEZ

ASESORA

LICENCIADA PATRICIA DEL ROSARIO ESCOBAR DE MURCIA

TUTORA

MAESTRA MARÍA DEL CARMEN POLÍO MARTÍNEZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por cuidarnos en cada paso que damos, por permitirnos llegar hasta aquí y brindarnos la sabiduría a lo largo de nuestra carrera universitaria, así como en el tramo final del diplomado de especialización.

A nuestros amados padres, gracias por su apoyo incondicional, son nuestra inspiración, les debemos mucho y por ustedes, nosotros hemos llegado tan lejos en nuestras vidas.

Queremos agradecer a nuestras asesoras, la Licenciada Patricia del Rosario Escobar de Murcia y a la Maestra Dinorah del Carmen Rodríguez de Laínez quienes, mediante su orientación y experiencia profesional, nos sirvieron de apoyo para mejorar cada vez y alcanzar nuestros objetivos.

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a nuestra tutora, la Maestra María del Carmen Polío Martínez, ya que, en el transcurso del diplomado de especialización, fue paciente, comprensiva con nosotros, nos ayudó cuando más lo necesitábamos, nos brindó su valiosa opinión profesional; su buena voluntad y disposición fueron claves para la culminación de nuestro trabajo de grado.

Agradecemos a todas aquellas personas que, de cualquier forma, contribuyeron a la elaboración de una práctica de laboratorio para la determinación de fosfatos en productos cárnicos procesados de consumo humano utilizando el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosforico.

Por último, pero no menos importante, agradecer a aquellos amigos, compañeros y docentes de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, quienes, durante nuestra carrera universitaria sirvieron de apoyo, aconsejándonos, brindándonos su confianza de manera desinteresada y siendo un paso más en nuestro camino como futuros profesionales.

Jennifer Duarte, Gerardo Cisneros

DEDICATORIA

A mis padres, Antonio Duarte e Idania Zeceña por su amor, su sacrificio y por darme su apoyo incondicional. A mi mamá por ser mi mejor amiga, por sus palabras de aliento en momentos difíciles, por enseñarme a ser resiliente y a trabajar duro para lograr todas mis metas, por llevarme en sus oraciones y siempre confiar en mí en cada decisión tomada en el camino.

A mis hermanos Raquel Duarte y Jeferson Duarte, por siempre estar al pendiente de mí y brindarme su amistad y su confianza en este trayecto tan importante; a mi hermana por escucharme y aconsejarme cuando las cosas se tornaban difíciles, y a mi hermano por sacarme una sonrisa siempre para continuar.

A mi tía Yolanda Valladares, por su amistad y sus consejos que me motivaron para culminar mis estudios.

A la familia Valladares Rivera, por darme su cariño y estar al pendiente de mí cuando necesité ayuda, por sus consejos y sus palabras de aliento para poder cumplir mis metas. A Steven, Mateo y Valentina por alegrar mis fines de semana, su amor y sus risas me ayudaron a pasar mis días fuera de casa para poder continuar.

A mi abuela Hilda Duarte, por su cariño, sus consejos y por no cerrarme las puertas de su casa en ningún momento.

A mi amiga Graciela Polanco y a su familia que me abrieron las puertas de su casa durante todo este trayecto, por brindarme su cariño y su apoyo, por tomarme en cuenta como parte de la familia, a Graciela por su amistad que toda la carrera fue un pilar fundamental, por escucharme cuando las cosas se ponían difíciles, por cada risa y por cada llanto.

A mis compañeras y amigas Karen, Elsa y Margarita por sus consejos, su apoyo a lo largo de la carrera, por cada trabajo en las materias cursadas que estuvo lleno de risas y buenos momentos, por los días de estudio arduo que nos llevaron a culminar este trayecto.

A mi novio Kevin Rivas, por su apoyo en la recta final, por sus palabras de aliento, sus consejos y su amor.

Jennifer Idania Duarte Zeceña

DEDICATORIA

Antes que nada, a mi Dios todo poderoso, gracias por iluminarme, guiarme y protegerme durante mi carrera universitaria, sé que el esfuerzo extra y la voluntad para poder superarme han provenidos de tus bendiciones. A la Virgen María, por siempre interceder por mí cuando más lo necesité.

Todo lo que he logrado, probablemente no habría sido si no fuera por el esfuerzo, sacrificio, amor, cuidado, apoyo e inspiración de parte de mi madre querida, Margarita Cisneros, de quien estoy eternamente agradecido y seguramente, no me alcanzará la vida devolverle todas las cosas que ha hecho ella por mí.

También, quiero dedicar este trabajo a mi abuelo Tomás Quintanilla (Q.E.P.D.); que, por alguna misteriosa razón, Dios quiso que me vieras en esta etapa desde el cielo. Te extrañamos y esperamos un día encontrarnos nuevamente.

A mi Familia, quienes, de cierta forma, me han apoyado y aconsejado para lograr superarme.

Agradezco y aprecio profundamente al señor Antonio Benedetto, persona quien bajo su peculiar cuidado, me ha acogido y compartido su techo desde mi mudanza a la Facultad de Química y Farmacia en el año 2018.

A mis amigos, sobre todo con quien especialmente desarrollé una amistad cercana en los últimos años, Mario Henríquez, gracias por tu amistad sincera, tu apoyo, los consejos buenos y malos que, con el afán de ayudarme, alguna vez me diste.

Una mención especial a mi novia, Verónica Orellana, quien, con su amor, me brindó su apoyo en las etapas más difíciles del diplomado de especialización, aparte de siempre inspirarme para seguir adelante y mejorar mi crecimiento tanto personal como en lo profesional.

Gerardo Josué Cisneros Quintanilla

ÍNDICE GENERAL

	Pág. N°
RESUMEN	
CAPÍTULO I	
1.0 Introducción	11
CAPÍTULO II	
2.0 Objetivos	14
CAPÍTULO III	
3.0 Marco teórico	16
3.1 El análisis químico de los alimentos	16
3.2 Generalidades	17
3.3 Fosfatos	19
3.4 Uso de fosfatos en derivados cárnicos	20
3.5 Fosfatos en el cuerpo humano	21
3.6 Fosfatos en la salud	22
3.7 Regulación sanitaria del uso de los aditivos alimentarios	23
3.8 Métodos de aplicación de los fosfatos en los productos cárnicos	24
3.9 Métodos de análisis para determinar aditivos de fosfatos en alimentos	24
3.9.1 Métodos indirectos	24
3.9.2 Métodos directos	25
3.9.3 Métodos espectrofotométricos	25
3.9.4 Métodos cromatográficos	25
3.9.5 Electroforesis capilar (EC)	26
3.9.6 La resonancia magnética nuclear (RMN)	26
3.9.7 Cromatografía iónica (CI)	27
3.9.8 Otros métodos	27
3.10 Selección y tratamiento de la muestra	27

CAPÍTULO IV

4.0 Producto final	30
4.1 Título de la práctica	30
4.2 Introducción	30
4.3 Objetivos	30
4.4 Método de análisis y fundamento	31
4.5 Información general de la muestra	31
4.6 Muestreo y preparación de la muestra	31
4.7 Almacenamiento de la muestra	32
4.8 Reactivos	32
4.9 Equipos y materiales	33
4.9.1 Equipos	33
4.9.2 Materiales	33
4.10 Procedimiento	34
4.10.1 Preparación previa de la muestra	34
4.10.2 Preparación y lectura de la curva de comparación	34
4.10.3 Preparación y lectura de la muestra	35
4.11 Cálculos involucrados	35
4.12 Reproducibilidad	36
4.13 Normativa utilizada	37
4.14 Referencias bibliográficas	37

CAPÍTULO V

5.0 Conclusiones	39
------------------	----

CAPÍTULO VI

6.0 Recomendaciones	41
---------------------	----

Referencias bibliográficas

Anexos

RESUMEN

Los fosfatos como sales y ésteres del ácido fosfórico (H_3PO_4), son utilizados como aditivos en gran medida en la industria alimentaria; en las carnes procesadas principalmente se utilizan como agentes de retención del agua, estabilizadores de las proteínas en la carne y reguladores de la acidez, por lo anterior, prolongan la vida útil del producto final. Sin embargo, su uso debe ser en cantidades adecuadas, un exceso de estos puede ser perjudicial para el producto y sobre todo para la salud del consumidor, es por ello, que existen agencias reguladoras que imponen normativas que establecen los límites permitidos para la cantidad de fosfatos en productos cárnicos. A nivel regional, se tiene el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:18 ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADAS. ADITIVOS ALIMENTARIOS y de uso exclusivo en El Salvador, la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.02.13:98. CARNES Y PRODUCTOS CARNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS, nos indican los límites permitidos de fosfatos añadidos en alimentos derivados de la carne y sub procesos.

El análisis físico químico de los alimentos es una herramienta que nos permite conocer la composición nutricional relacionada con la calidad y así también, la evaluación toxicológica del alimento que tiene que ver con la inocuidad del mismo. Métodos como el de colorimetría del ácido vanadomolibdofosfórico el cual se realiza por espectrofotometría UV-Vis nos permite cuantificar fosfatos, este método es sensible y preciso, permite la detección de concentraciones en el rango de interés para los productos cárnicos procesados de consumo humano, es relativamente rápido y eficaz, además, es económicamente viable, lo que lo convierte en una opción práctica para analizarlo en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador y también de la industria de las carnes procesadas.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes más primitivos, el ser humano se ha visto en la búsqueda por identificar y posteriormente cuantificar, todo lo que sirve para consumo propio. Los alimentos, dejaron hace mucho tiempo de ser simplemente una forma de saciar las necesidades fisiológicas básicas, el desarrollo de la tecnología durante la revolución industrial, condujo a una comprensión de la composición de los alimentos, impulsando a su vez, a la producción masiva de estos, que ahora, debían también de perdurar durante periodos largos de tiempo para su transporte. A partir de ello, se crearon leyes, normativas e instituciones que se encargarían de regular tanto la producción como la calidad de estos productos.

En la industria alimentaria, el uso de aditivos ha sido una práctica común para la mejora de la calidad, estabilidad y la seguridad de los productos alimenticios. Entre estos aditivos, los fosfatos juegan un papel fundamental en la conservación y mejora de las propiedades de los productos cárnicos procesados, tales como la retención de agua, la textura y el color. Estos mejoran la calidad final del producto obtenido y no son exclusivos de la industria de la carnicería, de tal forma que son varias las fuentes por la que, a través de la dieta, los fosfatos pueden llegar al organismo del ser humano. Estos cumplen un rol importante ya que forman parte de la función metabólica, participa en el suministro de energía para llevar a cabo los procesos, y se encuentra en gran medida formando parte del esqueleto humano. Así como puede ser beneficioso para la salud, también la ingesta excesiva puede ser perjudicial, conllevando a la aparición de problemas cardiovasculares o empeorando el estado de pacientes con insuficiencia renal crónica, pudiendo ocasionar hasta la muerte.

En este contexto, la determinación cuantitativa de fosfatos en productos cárnicos procesados se convierte en una tarea de gran relevancia, tanto para asegurar el cumplimiento de las normativas alimentarias como para proteger la salud de los consumidores. El objetivo principal de esta investigación, es elaborar una práctica que permita a los estudiantes de la Licenciatura en Química y Farmacia determinar el contenido de fosfatos en productos cárnicos procesados de consumo humano, utilizando el método colorimétrico del Ácido Vanadomolibdofosforico. La selección de esta práctica, es debido a la sensibilidad y precisión del método, lo cual es excelente en la cuantificación del contenido de fosfatos en una muestra de carne procesada, utilizando curva de calibración absorbancia vs partes por millón (Abs vs ppm) y llevando a cabo las mediciones en un

espectrofotómetro en el rango UV-Vis. Esta determinación, ayudará a verificar si el contenido de fosfatos de las muestras analizadas, son conformes con el límite establecido en la regulación aplicable para la comercialización legal de los productos cárnicos procesados de interés, cuya especificación es tomada de acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.02.13:98 Carne y Productos Cárnicos. Embutidos Crudos y Cocidos.

El proceso de investigación, se llevó a cabo desde el 04 de septiembre del año 2023 hasta agosto del 2024; a lo largo de este periodo, se nos impartió material didáctico, siendo útil al momento de contrastar y complementar con la información requerida y de interés para la construcción del producto final, cuyo resultado, fue la obtención de la respectiva marcha analítica, la cual, aborda todas las etapas del proceso analítico, incluyendo la selección y preparación de la muestra, desarrollo de la curva de calibración hasta la etapa del cálculo de los resultados obtenidos.

CAPITULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Elaborar una práctica para la determinación de fosfatos en productos cárnicos procesados de consumo humano utilizando el Método Colorimétrico del Ácido Vanadomolibdofosfórico.

2.2 Objetivos específicos:

2.2.1 Describir el uso de los fosfatos como aditivos en productos cárnicos procesados de consumo humano y su efecto en la salud de los consumidores.

2.2.2 Proponer una marcha analítica para ser realizada como práctica de laboratorio por los estudiantes de la facultad de química y farmacia.

2.2.3 Presentar las especificaciones que deben cumplir los productos cárnicos procesados en cuanto a los niveles de fosfatos añadidos según la NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 67.02.13:98.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1. El análisis químico de los alimentos a través de la historia

El análisis de alimentos ha desempeñado un papel crucial en la historia de la humanidad, influyendo en la salud pública, el comercio, la seguridad alimentaria y el desarrollo científico, desde tiempos antiguos. En la edad media, se reconocía la necesidad de identificar alimentos contaminados o en mal estado que podrían ser la causante de enfermedades, no obstante, los recursos y la información en ese momento era rudimentaria, utilizando métodos empíricos para determinar la calidad de los alimentos, como el aspecto visual, la textura, el sabor, olor y apariencia. En esta misma época, la alquimia y la medicina tradicional, comenzaron a desarrollar prácticas de análisis químico, excluyendo a los alimentos, no obstante, estas prácticas contribuyeron al estudio de las plantas y sustancias que podrían afectar a la salud.¹

Fueron los estudios de científicos como Antoine Lavoisier, que sentaron las bases de la química moderna, lo que llevó a una comprensión más profunda de la composición de los alimentos. Alrededor de los siglos XVII y XVIII, el análisis inició en la mejora de las bebidas fermentadas como el vino y la cerveza.²

Tiempo después, durante la revolución industrial en el siglo XIX, la producción masiva de alimentos y su transporte a distancias lejanas, crearon la necesidad por métodos más precisos para analizar y conservarlos en buen estado durante largos periodos de tiempo. Del mismo modo, con el crecimiento de las ciudades y la industrialización de los procesos, surge el menester de regular la producción y la comercialización de los alimentos, empezando con leyes en contra de las adulteraciones, lo que llevó al desarrollo de los análisis en los alimentos como una herramienta reguladora, viéndose acelerada esta situación en el siglo XX, debido a la crisis de Guerra en Europa (tanto primera como segunda guerra mundial), permitieron vigilar a los productos que se producían en masas.³

En época de la postguerra, el alto interés por el estudio de la nutrición, promovió que el análisis de los alimentos se enfocará también en la determinación del contenido de los macronutrientes, vitaminas y minerales, siendo fundamental en la lucha contra las deficiencias alimentarias, impulsadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), quienes a su vez, fomentaron el desarrollo de estándares globales de seguridad alimentaria, volviendo al análisis químico, esencial para

monitorear la presencia de aditivos, conservantes y contaminantes, asegurando que los productos cumplieran con las normativas internacionales presentes a la fecha.⁴

3.2 Generalidades

Según la OMS, los aditivos alimentarios son sustancias que se añaden principalmente a los alimentos procesados, o a otros alimentos producidos a escala industrial, con fines técnicos, por ejemplo, para mejorar la inocuidad, aumentar el periodo de conservación o modificar sus propiedades sensoriales.⁵

Cada país tiene sus propias leyes al respecto, y algunos de ellos llevan a cabo estudios para determinar la inocuidad de cada aditivo. La FAO y OMS, emiten recomendaciones para el consumo de los aditivos mediante el Codex Alimentarius; estas dos organizaciones internacionales han establecido la ingesta diaria aceptable de un compuesto que puede consumir una persona de por vida, sin que represente riesgo para la salud, con respecto al peso corporal (por ejemplo, mg del compuesto/kg de peso), con respecto a los fosfatos, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria ha establecido en un reciente estudio que la ingesta diaria aceptable (IDA) es de 40 miligramos por kilogramo de peso corporal y han clasificado a los aditivos en tres categorías, A, B y C, de acuerdo con su seguridad; los A son los más inocuos, mientras que los C tienen limitaciones para su empleo. Adicionalmente, para cada aditivo, se ha establecido una dosis máxima de uso, siendo esta la concentración más alta de este respecto de la cual la Comisión del Codex Alimentarius ha determinado que es funcionalmente eficaz en un alimento o categoría de alimentos y ha acordado que es inocua. Por lo general, se expresa como mg de aditivo por kilogramo de alimento (en el caso de los fosfatos en productos cárnicos, aves de corral, y caza picados y elaborados sin o con tratamiento térmico la dosis máxima es de 2200 y 1320 mg/Kg respectivamente).^{6,7}

Para determinar la cantidad de un compuesto que puede consumir un hombre de por vida sin que represente riesgo para la salud con respecto al peso corporal se efectúan pruebas agudas, administrando sobredosis a los animales de laboratorio; o pruebas crónicas, en las que se proporcionan cantidades bajas durante largos periodos; con esto se determina su toxicidad (alteración temporal o permanente de las funciones normales), mutagenicidad (mutaciones en los tejidos), teratogenicidad (malformación en los tejidos embrionarios) y otros posibles daños. Las leyes sanitarias permiten usar los aditivos en concentraciones máximas que previamente se

establecen, según los resultados de los análisis toxicológicos; dichos máximos son muchas veces menores que las dosis que causan afecciones a los animales.⁸

Los aditivos alimentarios pueden agruparse según su función en:

- Agentes aromatizantes

Los agentes aromatizantes son sustancias químicas que aportan sabores u olores y se añaden a los alimentos para modificar su gusto o su aroma. Son el tipo más común de aditivo que se emplea en los alimentos, con cientos de variedades que se utilizan en una gran diversidad de alimentos, desde golosinas y refrescos hasta cereales, pasteles y yogures. Los agentes aromatizantes pueden extraerse de fuentes naturales (por ejemplo, vegetales o animales) o sintetizarse químicamente. Los aromatizantes que se extraen directamente de fuentes naturales suelen denominarse aromas naturales. Estos aromatizantes también pueden sintetizarse químicamente, denominándose a veces «naturales» o «idénticos a los naturales» para indicar que la molécula aromatizante en sí es natural, pero que no se ha extraído de su fuente, sino que se ha sintetizado para que sea idéntica. Los agentes aromatizantes artificiales son sustancias químicas que no existen en la naturaleza, sino que se sintetizan para imitar sabores naturales o provocar otras sensaciones gustativas. Los ingredientes culinarios, como las especias, los frutos secos y las frutas o verduras deshidratadas, también pueden modificar el aroma o el sabor de un alimento, pero en general no se consideran agentes aromatizantes.⁵

- Preparados enzimáticos.

Los preparados enzimáticos son un tipo de aditivo que puede acabar o no en el producto alimentario final. Las enzimas son proteínas naturales que catalizan las reacciones bioquímicas al descomponer moléculas de gran tamaño en sus componentes elementales. Pueden obtenerse por extracción de productos de origen animal o vegetal o de microorganismos como las bacterias, y se utilizan como alternativa a las técnicas químicas. Se emplean principalmente en repostería (para mejorar la masa), en la fabricación de zumos (jugos) de frutas (para aumentar el rendimiento), en la elaboración de vinos y cervezas (para mejorar la fermentación) y en la fabricación de quesos (para mejorar la formación de la cuajada).⁵

- Otros aditivos.

Existen otros aditivos alimentarios que se utilizan por diversos motivos, por ejemplo, para conservar, dar color o edulcorar. Se añaden durante la preparación, el envasado, el transporte o el almacenamiento del alimento, y terminan por convertirse en un ingrediente del producto final.⁵

3.3 Fosfatos

Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. El ácido fosfórico y sus sales son sustancias inorgánicas siendo los ortofosfatos la más sencilla de las sales del ácido fosfórico. El fósforo es un elemento fundamental para la vida y en, diferentes formas, se encuentra presente en mayor o menor proporción en prácticamente todos los alimentos.⁹

Los fosfatos tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica (PO_4). La singular estructura química de la molécula de fosfato es la que les permite funcionar. Las moléculas de fosfato pueden estar unidas para formar varios tipos de fosfatos usados en el procesamiento de alimentos. Por ejemplo, los ortofosfatos (monofosfatos) tienen una molécula de fosfatos; los pirofosfatos tienen dos moléculas; los tripolifosfatos tienen tres; y los hexametafosfatos tienen más de tres moléculas de fosfato unidas entre sí. La utilización de fosfatos, es empleada de forma multifuncional ya que presenta tres propiedades o funciones tecnológicas a) Regulación de pH; b) Efecto secuestrante; c) Estabilizante de la carga eléctrica. Debido a estas propiedades pueden actuar como moduladores de PH, gasificantes, sinérgicos de oxidantes y sinérgicos de conservantes.⁹

Los fosfatos tienen un rol importante como aditivos en la industria de alimentos debido a su estructura química. Al respecto es importante recordar que los aditivos son ingredientes que se agregan intencionalmente a los alimentos con el objeto de modificar sus características organolépticas y para facilitar o mejorar su proceso de elaboración y conservación. Los fosfatos realizan una amplia gama de funciones en los productos alimenticios procesados. Estas incluyen la modificación de proteínas, secuestro de minerales que pueden catalizar la rancidez oxidativa y el ajuste de pH en la carne, aves y mariscos. Gracias a su capacidad para tamponar el pH, quelar minerales y modificar las cargas de la proteína, las sales de fosfato son ideales para ayudar a definir la textura deseada en muchos y controlar su vida útil. En la industria cárnica la adición de fosfatos

mejora la textura debido a que contribuye en la retención de agua cuando son agregados en concentraciones definidas.⁹

3.4 Uso de fosfatos en derivados cárnicos

Los fosfatos son ingredientes que se añaden convencionalmente a los productos cárnicos. Dentro de la industria cárnica la aplicación de fosfatos es importante para lograr ciertas características en el producto, incluyendo sabor, textura y aroma, con las cuales el producto se vuelve más atractivo al consumidor. Algunas de estas características pueden lograrse o mejorarse con el uso de uno o más tipos de fosfatos en la formulación.⁹

Los fosfatos tienen dos funciones principales en la industria cárnica: Ligazón entre músculos, quelantes y secuestrantes. Los fosfatos se agregan a la carne principalmente para mejorar la capacidad de retención de agua, lo cual lleva a obtener rendimientos más altos durante la cocción, y productos más jugosos. La funcionalidad tecnológica de los fosfatos es determinante en la calidad final de un embutido. Las sales sódicas y potásicas del ácido fosfórico son las más utilizadas como estabilizantes en productos cárnicos, mientras que los polifosfatos fundamentalmente para favorecer la retención de agua. Parece que esto es debido a la interacción de los fosfatos con las proteínas del músculo, aunque el mecanismo exacto de actuación no está todavía completamente aclarado a pesar de haberse realizado muchos estudios en este sentido. La utilización de fosfato sódico, en lugar del potásico, algo más caro, es la causa de cierto sabor astringente que puede apreciarse en los jamones más baratos.⁹

Existen numerosos tipos y mezclas de fosfatos, muchos de los cuales están hechos específicamente para varios tipos de productos. Al elegir el fosfato adecuado para cada producto en particular es posible incrementar los rendimientos y mejorar la calidad del producto. Existen cuatro tipos de fosfatos disponibles, aprobados y comúnmente usados en productos cárnicos: tripolifosfatos, hexametáfosfatos, pirofosfatos ácidos y ortofosfatos. Cada uno de ellos puede ser mezclado en varios porcentajes para varias aplicaciones puesto que los fosfatos son ingredientes multifuncionales, es necesario conocer las propiedades que poseen para lograr la elección adecuada de estos según el proceso requerido. Normalmente es necesario mezclar dos o más fosfatos para conseguir una funcionalidad óptima y la mejor combinación de propiedades para elaborar un producto determinado.⁹

Para lograr la unión de las piezas de carne se necesita una superficie magra (carne con presencia reducida de grasas y colesterol), ya que la grasa y el tejido conectivo, por sus características, no se unirán. El músculo magro contiene proteína, al adicionar los fosfatos (tripolifosfato, hexametáfosfato) en conjunto con un trabajo mecánico, se logra la extracción de la proteína, formando un exudado pegajoso, que al ser sometido a calor se gelifica formando la unión entre las piezas de carne, de allí la función de ligazón entre músculos de carne impartida gracias a los fosfatos.⁹

La función quelante y secuestrante de los fosfatos (pirofosfato ácido de sodio, pirofosfato tetrasódico, hexametáfosfato) es de gran beneficio en productos cárnicos debido a que ligan metales pesados que de otra manera afectarían la calidad y las características de los mismos. En el caso de hierro, por ejemplo, lo mantienen en solución formando quelatos, evitando o dilatando la rancidez oxidativa. Por otra parte, debido a que impurezas de calcio y magnesio presentes en el agua reducen la capacidad ligante de la proteína con el agua y puede inhibir la acción del fosfato en solución, para los procesadores que utilizan agua dura (alta en calcio y magnesio), los fosfatos ligarán estas impurezas y las mantendrán en solución para que la capacidad de la proteína no se vea reducida con el agua utilizada.⁹

3.5 Fosfatos en el cuerpo humano

Antes de entrar en la parte analítica de la investigación, es importante mencionar el rol que participa el fósforo en el cuerpo humano y los efectos que pueden generar la ingesta de este micronutriente en la dieta de las personas. En el cuerpo humano, el fósforo se encuentra presente en forma pentavalente unida al oxígeno como fosfato, no obstante, también se encuentra orgánicamente. El fósforo, es esencial para todos los organismos vivos, participa en el equilibrio ácido base, está implicado en la regulación de procesos metabólicos por medio de la fosforilación de proteínas, en el suministro de energía a través de los trifosfatos de nucleótidos (ATP, GTP), funciona como segundos mensajeros como el monofosfato de adenosina cíclico (AMPC), como fosfolípidos, forman parte de la membrana celular y es importante para la estructura y función del ADN y ARN, lo anterior, por mencionar algunos de los procesos donde interviene el fósforo. En todo el cuerpo, el contenido de fósforo aproximado es de 600 gramos, la cual, puede variar con la masa esquelética (siendo mayor en los hombres), el 15% se encuentra asociado a la función metabólica como las

antes mencionadas y el resto, se encuentra como reserva de fosfatos junto con el calcio en el esqueleto.⁷

La absorción de fósforo en el cuerpo humano es un proceso complejo y esencial para la salud ósea, la producción de energía y en la función celular. El fósforo se obtiene principalmente de la dieta, se encuentra en alimentos como carnes, pescados, lácteos, nueces, legumbres y cereales integrales. También está presente en aditivos alimentarios como fosfatos. Este mineral es absorbido en forma inorgánica principalmente en el intestino delgado y la absorción se ve mediada por la vitamina D, o también elevadas concentraciones de fosfato en la luz intestinal.⁷

3.6 Fosfatos en la salud

Si bien, el consumo de fósforo es vital en la función metabólica del organismo, también, concentraciones elevadas en suero (arriba de 4.5 mg/dL) de este elemento, producto de la ingesta excesiva de alimentos con aditivo, o cuando su excreción se ve reducida, pueden ocasionar trastornos como la hiperfosfatemia, incremento en la incidencia de enfermedades cardiovasculares, incluso cuando la función renal excretora se encuentra normal. En estudios dirigidos a la población en general y en individuos con enfermedad cardiovascular previa, han ligado las concentraciones altas-normales de fósforo a un riesgo cardiovascular mayor. En un meta análisis realizado en de 90,000 pacientes con Enfermedad Renal Crónica desvelo un incremento del 18% en la mortalidad por todas las causas por cada incremento de un 1 mg/dL de la concentración de fósforo en el suero por arriba de los 3.5 mg/dL, debido a esto, se debe mantener un especial cuidado en la dieta de las personas con enfermedad renal o con patologías cardiovasculares.^{10,11}

La Junta de Alimentos y Nutrición de los Estados Unidos, ha establecido un Nivel Máximo de Ingesta Tolerable (NM) de fosforo a fin evitar los efectos como la hiperfosfatemia en personas sanas (ver Tabla 1).

Tabla N°1. Nivel Máximo de Ingesta Tolerable de Fosforo¹¹

Grupo Etario	NM (mg/día)
Niños 1-3 años	3,000 (3.0 g)
Niños 4-8 años	3,000 (3.0 g)
Niños 9-13 años	4,000 (4.0 g)
Adolescentes 14-18 años	4,000 (4.0 g)
Adultos 19-70 años	4,000 (4.0 g)
Adultos 70 años y más	3,000 (3.0 g)

Embarazo	3,500 (3.5 g)
Período de lactancia	4,000 (4.0 g)

3.7 Regulación sanitaria del uso los aditivos alimentarios

Existen diversas entidades internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Junta de Alimentos y Nutrición de los Estados Unidos, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) que velan por proteger la salud de los consumidores, asegurando que los alimentos y piensos en el mercado sean seguros; también se cuenta con el Codex Alimentarius, donde se establecen un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas, incluyendo niveles máximos permitidos de contaminantes, aditivos, y residuos plaguicidas, proveen recomendaciones sobre la elaboración, manipulación y distribución de alimentos, así como sobre la nutrición y el etiquetado, estos, creados con el fin de asegurar la calidad e inocuidad alimentaria, proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos a nivel global.

Las entidades sanitarias nacionales toman en cuenta las normativas internacionales para crear sus propios reglamentos, tal es el caso de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.02.13:98 CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS, elaborada por los Comités Técnicos de Normalización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en este se mencionan las especificaciones, características generales de los productos, ingredientes, aditivos alimentarios, etiquetas y envolturas. En el caso de los fosfatos, definidos como fosfatos añadidos (mono-di y polifosfato de sodio y potasio), solos o mezclados se establece el límite máximo de 3,000 ppm como P_2O_5 ; a partir del 2018, y para evitar obstáculos técnicos al comercio, se estableció en la unión aduanera que, los países centroamericanos darían prioridad al RTCA 67.04.54:18, el cual indica una dosis máxima de fosfatos de 5,000 mg/Kg en Productos Cárnicos, de Aves de Corral y Caza Elaborados, Tratados Térmicamente en Piezas Enteras o en Cortes, sin embargo, dado especificidad del analito de interés y la orientación de la marcha analítica propuesta, se utilizarán los límites detallados en la Norma Salvadoreña Obligatoria.¹²

En El Salvador, desde 1999 (fecha de emisión de la NSO 67.02.13:98) hasta el 06 de agosto del año 2024, la entidad reguladora encargada de vigilar los el contenido de fosfatos en productos cárnicos de consumo humano como aditivos alimentarios desde etapas iniciales, es decir, desde el registro sanitario del alimento hasta el periodo post comercialización era el Ministerio de Salud a

través de la Dirección de Salud Ambiental, no obstante, a partir del 07 de agosto del mismo año y acuerdo al decreto 891 de fecha 14 de noviembre del 2023, se aprobó la Ley de la Superintendencia de Regulación Sanitaria, creándose a su vez, la Superintendencia de Regulación Sanitaria, institución ahora responsable de la vigilancia y regulación de los alimentos y bebidas.

3.8 Métodos de aplicación de los fosfatos en los productos cárnicos

Existen diferentes métodos de aplicación de fosfatos a un producto cárnico y es importante elegir el adecuado de acuerdo con el proceso que se llevará a cabo en la materia prima. Se mencionan cuatro posibilidades:

- La adición en seco, principalmente para pastas, como salchichas, chorizos y formados de carne como surimi, hamburguesas y Nuggets. Se debe tener cuidado en estos casos de realizar un mezclado adecuado.
- El marinado por inmersión; es un proceso lento y no asegura la distribución completa y uniforme del fosfato en la carne.
- La inyección de salmuera, seguida por un tobleado al vacío, es el mejor método de incorporación de los fosfatos a la carne. La inyección es un método rápido y excelente para controlar el nivel, con lo cual se consigue una distribución homogénea del fosfato.
- El tobleado al vacío, es el método más utilizado y permite que el músculo absorba humedad, lo cual incrementa el rendimiento, además de ayudar a suavizar la carne.⁹

3.9 Métodos de análisis para determinar aditivos de fosfatos en alimentos

Se han utilizado diversos métodos analíticos para la determinación de aditivos de fosfato en alimentos y bebidas. Los métodos llamados “clásicos” generalmente sólo son útiles para el fosfato total, pero se han modernizado para aplicaciones actuales en algunas áreas. Los métodos modernos como la cromatografía iónica (IC), la electroforesis de zona capilar (CZE) y la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) pueden separar, identificar y cuantificar diferentes tipos de fosfatos, pero no pueden diferenciar entre los fosfatos añadidos y los naturales.⁷

3.9.1 Métodos indirectos

Los métodos indirectos para estimar el contenido de fosfato se limitan esencialmente al contenido de humedad y al contenido de proteínas. Las proporciones de humedad:proteína y fosfato:proteína pueden proporcionar información útil sobre los fosfatos añadidos. Sin embargo, el contenido de

humedad de los alimentos varía mucho y la medición de proteínas se basa en el uso de factores de nitrógeno provisionales después del análisis de Kjeldahl. Mientras estos métodos pueden mostrar cuándo se han agregado fosfatos y/o agua, pero su precisión es cuestionable debido a la variación natural en el contenido de fosfato de los alimentos.⁷

3.9.2 Métodos directos

El fosfato se puede determinar en muestras de carne mediante digestión con una mezcla de ácidos clorhídrico y nítrico, seguido de filtración y tratamiento con reactivo quimociac para formar precipitados de fosfomolibdato de quinolinio, que luego se filtran, se lavan, se secan y se cuantifican gravimétricamente.⁷

3.9.3 Métodos espectrofotométricos

La espectrofotometría nos permite determinar la concentración de un analito de interés en disolución, se basa en la absorción de la radiación por parte de las moléculas, la cual es directamente proporcional a la concentración de la sustancia; por lo tanto, a mayor concentración del analito mayor absorción de radiación.

El análisis directo del fosfato en los productos alimenticios se realiza habitualmente mediante métodos espectrofotométricos (colorimétricos), midiendo la intensidad del color resultante de la interacción de los ortofosfatos con reactivos como el azul de molibdeno, el complejo de vanamolibdato amarillo y el verde de malaquita. El análisis colorimétrico requiere la descomposición de poli, tri y otras formas en ortofosfatos que se logra mediante el uso de ácidos fuertes como el ácido tricloroacético (TCA) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4). El contenido total de fosfato se expresa normalmente como P_2O_5 y, por lo tanto, no distingue entre diferentes clases de aditivos de fosfato.⁷

3.9.4 Métodos cromatográficos

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia. Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes.¹⁷

Los métodos de cromatografía en capa fina (TLC) para determinar los fosfatos son relativamente simples y baratos. Se pueden lograr estimaciones cuantitativas del contenido de fosfatos comparando las intensidades de color de las manchas con soluciones de fosfato estándar. La principal desventaja de la TLC es la hidrólisis in situ de los fosfatos durante la extracción y el análisis de muestras sin análisis adicionales, la TLC es esencialmente una técnica cualitativa y se ha demostrado que pueden surgir resultados falsos negativos. Se ha demostrado que la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), es un método útil para la determinación de polifosfatos individuales y otras especies de fosfatos.⁷

3.9.5 Electroforesis capilar (EC)

La electroforesis capilar es un grupo de técnicas de separación electrocinética, que se realiza en el interior de tubos capilares. La técnica se basa en la diferente movilidad de los iones a través de una disolución cuando esta se somete a un campo eléctrico.¹⁸

Se han utilizado varias técnicas de detección, solas o en combinación para detectar fosfatos añadidos en los productos alimenticios. Las técnicas de detección incluyen conductividad, fluorescencia o ultravioleta (UV), electroforesis capilar (EC)/isotacoforesis capilar (cITP) con detección de conductividad se ha utilizado para determinar fosfato en carne, productos cárnicos enlatados, jamón, jamón ahumado, salchichas, paté, langostinos, calamares y mariscos mixtos.⁷

3.9.6 La resonancia magnética nuclear (RMN)

RMN consiste en medir la absorción de radiación de radiofrecuencia que experimenta una muestra situada en un campo magnético fuerte, la fracción de potencia absorbida es directamente proporcional a la concentración de las especies absorbentes mientras que la energía de la transición se determina a partir de propiedades moleculares y atómicas.¹⁸

La RMN puede diferenciar simultáneamente entre diferentes tipos de fosfato y es cuantificable. Se ha aplicado a pescados y productos cárnicos con sensibilidad adecuada. Los resultados obtenidos mediante RMN son más exactos y precisos en comparación con los obtenidos utilizando el método espectrofotométrico de amarillo de molibdo vanadato. Además, la RMN se ha utilizado para medir fosfatos o polifosfatos totales, pero no se puede utilizar para distinguir entre compuestos naturales y añadidos.⁷

3.9.7 Cromatografía iónica (CI)

La cromatografía iónica es una operación de separación basada en la transferencia de materia fluido-sólido. En el proceso de intercambio iónico ocurre una reacción química en la que los iones móviles hidratados de un sólido son intercambiados por iones de igual carga de un fluido. La CI sólo puede proporcionar información sobre fosfatos iónicos, sin embargo, una combinación con otra técnica puede proporcionar una herramienta poderosa para separar, identificar y medir todas las formas de fósforo.^{19,7}

3.9.8 Otros métodos

Las técnicas mucho menos utilizadas para la determinación de fosfato incluyen la fotometría diferencial térmica y la espectroscopia dieléctrica de microondas, que son esencialmente herramientas de investigación que no son fácilmente aplicables al análisis rutinario de productos alimenticios. También se ha utilizado la fluorescencia de rayos X, aunque no es una técnica muy extendida.⁷

3.10 Selección y tratamiento de la muestra

Los productos cárnicos son productos preparados, total o parcialmente, con carnes, despojos, grasas y subproductos comestibles. Estos proceden de animales de abasto, aves y caza con o sin grasa. A veces, pueden ser elaborados con condimentos, aditivos y especias, estos pueden clasificarse de diversas maneras según su procesamiento, conservación, contenido y presentación.¹³

Dentro de los diferentes tipos, están los productos cárnicos crudos, productos cárnicos tratados con calor y una subclasificación de ambos se encuentran los embutidos, carne cocida, carne en conserva y los productos cárnicos fermentados.¹³

De acuerdo a los productos indicados en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.02.13:98 Carne y Productos Cárnicos. Embutidos Crudos y Cocidos, para la determinación de fosfatos utilizando el método colorimétrico del ácido vanamolibdofosfórico a realizarse en los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia, podrán utilizarse los siguientes productos: jamón, salchicha, chorizo, salami, corned beef, fuet, pepperoni, mortadela, butifarra, longaniza, entre otros que se encuentren dentro de esta misma clasificación.

Es importante mencionar que, al momento de elegir el producto a analizar, este deberá encontrarse dentro de las condiciones de almacenamiento indicado en el respectivo empaque o caso contrario no las indicara, el producto deberá mantenerse bajo las mismas condiciones donde se encontrara en el comercio (por lo general de 2 a 8 °C). Si no es posible el transporte en las mismas condiciones de temperatura, la muestra no deberá exponerse a temperaturas superiores a las que se indique en sus empaques por un período no mayor a 30 minutos. La muestra debe estar completamente sellada, no podrán utilizarse muestras que posterior a su envasado y sellado del fabricante, hayan sido fraccionadas, del mismo modo, no podrán mezclarse diferentes marcas o lotes de un mismo tipo de producto.

Ahora bien, situados en el laboratorio, la etapa de preparación de la muestra es una de las que se puede considerar crítica para la determinación del analito de interés. De la muestra bruta, se deberán retirar los envoltorios externos como internos, si la muestra dentro del empaque contiene líquido suspendido, este deberá drenarse.

Para la determinación de fosfatos por el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosforico, deberán pesarse 200 gramos de la muestra y picarla con ayuda de una trituradora de alimentos o un mortero y pistilo, hasta obtener una mezcla lo más homogénea posible. Seguidamente, pesar y colocar la cantidad de 2.5 gramos en una cápsula de porcelana (si la muestra no se utilizará inmediatamente, se deberá resguardar en un contenedor hermético y a una temperatura no mayor de 5 °C durante 24 horas como máximo), utilizar un volumen suficiente de solución de nitrato de magnesio ($Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) para humedecer la muestra y proceder a evaporar con ayuda de un hot plate.

Finalmente, luego de obtener una muestra visiblemente seca, se deberá llevar a incineración dentro de una mufla por un periodo de 2 a 3 horas a una temperatura de 600 °C hasta obtener cenizas. Posteriormente, proseguir conforme a la marcha analítica presentada.

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

4.1 Título de la práctica

DETERMINACIÓN DE FOSFATOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS DE CONSUMO HUMANO UTILIZANDO EL MÉTODO COLORIMÉTRICO DEL ÁCIDO VANADOMOLIBDOFOSFÓRICO.

4.2 Introducción

La alimentación es vital para la vida misma, por lo que conocer lo que ingerimos se vuelve una necesidad. La calidad de los alimentos que consumimos tiene una relación directa con los efectos que estos tendrán en nuestra salud. La caracterización de los alimentos proviene de ensayos a los que los alimentos son sometidos por diferentes métodos de análisis. El análisis físico-químico hace énfasis en la determinación de su composición química y brinda poderosas herramientas que permiten caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional y toxicológico.

Las carnes procesadas forman parte de las proteínas alimenticias mayormente consumidas, generalmente, contienen diversos aditivos que tienen un impacto en la calidad del producto final como en la salud de los consumidores.

Entre los aditivos más utilizados están las sales y ésteres

del ácido fosfórico, principalmente en alimentos cárnicos ya que ayudan a mejorar la textura, actúan como agentes de retención del agua, estabilizador de las proteínas en la carne, regulador de la acidez, por lo anterior, viéndose prolongada la vida útil del producto final. La cuantificación de los fosfatos en los productos cárnicos es de suma importancia, ya que estos influyen en la calidad y estabilidad del producto, la seguridad alimentaria, el etiquetado nutricional que va de la mano con la regulación de las normativas sanitarias.

En la siguiente práctica de laboratorio se determinará la cantidad de fosfatos en una muestra de carne procesada por el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico, detallando los pasos a seguir en el laboratorio de química y farmacia.

4.3 Objetivos

- Determinar cuantitativamente los fosfatos en una muestra de carne procesada.

- Comparar los resultados con las especificaciones de productos cárnicos procesados en cuanto a los niveles de fosfatos añadidos según la NSO 67.02.13:98.

4.4 Método de análisis y fundamento

- Método de análisis: Método colorimétrico del ácido vanadomolibdicofosfórico.
- Fundamento: Este método se basa en la producción de un color amarillo naranja estable, debido al complejo vanadio molibdifosfórico ($H_3PO_4 \cdot VO_3 \cdot 11MoO_3 \cdot n H_2O$) que se forma al tratar una solución ácida de ortofosfatos con un reactivo ácido que contiene ácido molíbdico y ácido vanádico.

4.5 Información general de la muestra

Carne procesada se refiere a la carne que ha sido transformada a través de la salazón, el curado, la fermentación, el ahumado u otros procesos para mejorar su sabor o su conservación. La mayoría de las carnes procesadas contienen carne de cerdo o carne de res, pero también pueden contener otras carnes rojas, aves, menudencias o subproductos cárnicos tales como la sangre.

Es decir, dentro de este grupo entrarían alimentos como las salchichas, embutidos de todo tipo, el jamón, la cecina y toda la carne curada y deshidratada, la carne enlatada, preparados y salsas que contengan carne como principal producto.

4.6 Muestreo y preparación de la muestra

Con el fin de evitar que se produzcan errores ajenos a la eficacia y exactitud del analista, hay que seguir los procedimientos correctos en la toma de muestras. Con frecuencia esto escapa al control del químico, pero los procedimientos en cuestión pueden aplicarse una vez que se recibe la muestra bruta en el laboratorio. La muestra debe ser lo más representativa del lote que se va a analizar y la porción que se pesa para efectuar las diferentes determinaciones debe ser una fracción exacta del producto total.

Para la determinación de fosfatos en la práctica que se llevará a cabo, el estudiante debe llevar al laboratorio una muestra de carne procesada adquirida en el supermercado de su localidad, esta muestra no debe contener menos de 200 gramos, y puede ser salchichas, embutidos de todo tipo o jamón; además, la adquisición de la muestra debe ser el día del análisis. Se debe conservar la cadena

de frío para mantener la integridad de la muestra, por lo que al realizar el muestreo se recomienda transportarla en una hielera portátil.

La preparación de una muestra para análisis significa una disminución cuantitativa de ella, la reducción en el tamaño de la partícula, así como también el proceso de mezclado de las diferentes partes que constituyen la muestra con el fin de obtener una sustancia homogénea.

Los alimentos húmedos como es el caso de los productos cárnicos se pican en una batidora mecánica y después se mezclan en un mortero. Si una vez que la muestra ha sido preparada adecuadamente, no es posible realizar el análisis en el mismo día, es preciso evitar los cambios en su composición, para ello es necesario conservarla en un envase herméticamente cerrado a una temperatura de 0 a 5°C.

4.7 Almacenamiento de la muestra

Para las muestras se utilizan frascos de vidrio o de polietileno, bien limpios y secos, prestando especial atención a la tapadera por el agua que se puede quedar retenida en el enroscado. Se conserva en envases cerrados herméticamente a una temperatura de 0 a 5 °C.

La muestra se debe etiquetar de una forma clara y garantizando que la información que tiene la etiqueta no se pierda. La rotulación debe contener al menos los siguientes datos:

- Nombre del producto.
- Fecha.
- Hora en que se toma la muestra.
- Aspecto externo al momento del muestreo.
- Mencionar el tratamiento del producto recibido (Ej. Muestra triturada).

4.8 Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan, deben ser grado analítico; cuando se indique agua, debe entenderse agua destilada libre de fosfatos.

- Molibdato de vanadio: Disolver 20 g de molibdato de amonio en 400 mL de agua a la temperatura de 50°C y enfriar.
Disolver por separado 1 g de vanadato de amonio en 300 mL de agua hirviendo y enfriar; agregar 140 ml de ácido nítrico concentrado agitando ocasionalmente, en este

momento agregar gradualmente la solución de molibdato de amonio, previamente preparada y completar el volumen con agua a un litro.

- Solución de Nitrato de Magnesio: Disolver 950 g de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ libre de fósforo, en agua y completar el volumen con agua a un litro.
- Solución Patrón de Fósforo: Preparar una solución que contenga 3.834 g de KH_2PO_4 por litro. Colocar una alícuota de 25 ml en un matraz volumétrico de 250 ml y completar el volumen con agua. 1 ml de esta solución patrón equivale a 0.2 mg de P_2O_5 .
- Hidróxido de amonio 28-30%.
- Ácido nítrico diluido (1:2): Mezclar 10mL de ácido nítrico con 20mL de agua.
- Ácido clorhídrico 5 N.

4.9 Equipos y materiales

4.9.1 Equipos:

- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro, con celdas de cuarzo 1cm.
- Mufla.
- Hot plate.
- Cámara extractora de gases.

4.9.2 Materiales:

- Vasos de precipitados de 500 mL.
- Agitador de vidrio.
- Matraces volumétricos de 100, 250 y 1000 mL.
- Bureta de 50 mL.
- Pipetas de 5, 10 y 25 mL.
- Cápsula o crisol de porcelana.
- Triángulo de porcelana.
- Pinzas para crisol.
- Embudo.
- Soporte universal.
- Anillo.

- Pinza para bureta.
- Papel filtro de celulosa.
- Papel indicador de pH.
- Espátula.
- Papel glassine.

4.10 Procedimiento

4.10.1 Preparación previa de la muestra.

- A la muestra para análisis se le retiran las envolturas artificiales si las tiene, tanto la exterior como la interior. Se utiliza una muestra representativa de por lo menos 200 g. La muestra se homogeniza pasándola cuantas veces sea necesario por el picador de carne (tamaño de laboratorio) y mezclándola. Se guarda en un recipiente hermético y cerrado en el refrigerador, el cual debe estar a una temperatura entre 0 y 5°C. La muestra se analiza lo antes posible, pero en todos los casos dentro de las 24 horas siguientes.
- Tomar una muestra de 2 a 2.5 g en una cápsula o crisol de porcelana.
- Humedecerla con unos mililitros de solución de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y evaporar.
- En la mufla llevar a cenizas a una temperatura de 600°C por dos o tres horas.

4.10.2 Preparación y lectura de la curva de comparación

- Poner alícuotas de 0.0, 2.5, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0 y 50.0 mL de la solución patrón de fósforo, en matraces aforados de 100 mL y diluir con agua a un volumen entre 50 y 60 mL.
- Agregar a cada matraz unas gotas de NH_4OH 28-30% hasta neutralizar y con HNO_3 1:2 llevarlos a medio ligeramente ácido.
- Agregar 25.0 mL de reactivo de molibdato de vanadio, completar el volumen con agua a 100 mL y mezclar. Dejar reposar durante 10 minutos.
- Transferir las soluciones a las celdas del espectrofotómetro y medir la absorbancia a 470 nanómetros.
- Trazar una curva de absorbancia contra concentración de P_2O_5 .

Tabla N°2. Preparación de curva de comparación para análisis

Estándar	Solución patrón de fósforo 0.2mg/mL de P ₂ O ₅	Volumen agregado de reactivo Molibdato de vanadio	Volumen final
0 ppm	0.0 mL	25.0 mL	100 mL
5 ppm	2.5 mL	25.0 mL	100 mL
10 ppm	5.0 mL	25.0 mL	100 mL
20 ppm	10.0 mL	25.0 mL	100 mL
40 ppm	20.0 mL	25.0 mL	100 mL
60 ppm	30.0 mL	25.0 mL	100 mL
80 ppm	40.0 mL	25.0 mL	100 mL
100 ppm	50.0 mL	25.0 mL	100 mL

Fuente: Elaboración propia

4.10.3 Preparación y lectura de la muestra

- Disolver las cenizas con 10 mL de HCl 5 N, calentar hasta ebullición, enfriar y transferir a un matraz volumétrico de 100 mL con ayuda de unos mililitros de agua. Si todas las cenizas no se solubilizaron, filtrar para pasar al matraz volumétrico.
- Neutralizar agregando NH₄OH 28-30% gota a gota. El volumen de la solución después de la neutralización debe ser entre 50 y 60 mL.
- Acidificar ligeramente con HNO₃ 1:2, utilizando el papel indicador de pH.
- Agregar 25.0 mL del reactivo de molibdato de vanadio, completar el volumen a 100 mL con agua, mezclar y dejar reposar 10 minutos.
- Transferir las soluciones problema a las celdas del espectrofotómetro y medir la absorbancia a 470 nanómetros y comparar con la curva.

4.11 Cálculos Involucrados

- Concentración a partir de la ecuación obtenida de la curva

$$A = (mxC)+b$$

Donde:

C = Concentración de la muestra

A = Absorbancia de la muestra

Al despejar tenemos:

$$C = \frac{(A - b)}{m}$$

- Los miligramos de P_2O_5 al comparar con la curva se obtienen al multiplicar la concentración por el factor de dilución.

$$L = C \times FD$$

L = mg de P_2O_5

C = Concentración obtenida

FD = Factor de dilución de la muestra

- El contenido de fosfatos presentes en la muestra se calcula mediante la siguiente fórmula expresada en porcentaje de P_2O_5 .

$$\%P_2O_5 = \frac{(L \times 100)}{m}$$

Donde:

100 = Constante

L = mg de P_2O_5

m = Masa de la muestra en gramos

- Concentración en ppm de P_2O_5 en la muestra.

$$ppm \text{ de } P_2O_5 = \% P_2O_5 \times 10^4$$

4.12 Reproducibilidad

La diferencia entre los valores de tres determinaciones, efectuadas paralelamente, sobre la misma muestra, por el mismo analista y con los mismos reactivos y aparatos, no debe exceder en $\pm 0.5 \%$. El resultado final debe ser el promedio de las tres determinaciones.

4.13 Regulación aplicable

Especificación según la NSO 67.02.13:98 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS.

Constituyente	Función	Máximo
Fosfatos añadidos (mono-di y polifosfato de sodio y potasio), solos o mezclado; expresados como P ₂ O ₅	Regulador de pH	3000 ppm

Nota aclaratoria: Por la especificidad del analito de estudio se ha tomado la NSO 67.02.13:98 como punto de referencia para comparar los resultados finales obtenidos en la práctica de laboratorio, sin embargo, se debe consultar el RTCA 67.04.54:18 Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios. En la categoría de Productos cárnicos, de aves de corral y caza picados, elaborados y tratados térmicamente.

4.14 Referencias Bibliográficas

1. ARC. Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Disponible en: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/Monographs-Q&A.pdf> questions/réponses
2. Manual de Laboratorio de Laboratorio de Análisis de Alimentos. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa de Tecnología 2010. Trabajo de Grado.
3. NMX-F-320-S-1978 DETERMINACIÓN DE FOSFATOS EN EMBUTIDOS.
4. NSO 67.02.13:98 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS.
5. RTCA 67.04.54:18 Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios.

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES

1. Los aditivos como los fosfatos tienen un rol en la industria de alimentos debido a su estructura química, en productos cárnicos se utilizan mayormente como reguladores de pH. La cantidad adecuada de fosfatos permite que las características deseadas en las carnes procesadas se mantengan, una cantidad insuficiente o excesiva puede afectar negativamente la calidad del producto, llevando a la insatisfacción del consumidor y a pérdidas económicas para la empresa. Al mismo tiempo, un consumo excesivo de fosfatos puede ser perjudicial para la salud humana, causando diferentes problemas de salud; es por esto que las agencias reguladoras de alimentos imponen límites para la cantidad de fosfatos permitida en los productos cárnicos.
2. El método colorimétrico del ácido vanamolibdofósforico es altamente sensible y preciso, permitiendo la detección de concentraciones en el rango de interés para los productos cárnicos procesados de consumo humano, es relativamente rápido y eficaz, debido a que se pueden analizar múltiples muestras en un corto período de tiempo, además, es económicamente viable, lo que lo convierte en una opción práctica para analizarlo en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador y también de la industria de las carnes procesadas.
3. El RTCA 67.04.54:18 Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios, establece los valores límites de los fosfatos en productos cárnicos procesados de consumo humano según la categoría Productos cárnicos, de aves de corral y caza picados, elaborados y tratados térmicamente, sin embargo, por fines prácticos debido a la especificidad del analito en estudio se consultó la NSO 67.02.13:98 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS, el cual es un reglamento técnico que establece las especificaciones y características que deben cumplir los embutidos crudos y cocidos destinados al consumo humano, incluyendo la cantidad de fosfatos permitida. Normativas como estas son cruciales para asegurar que los productos cárnicos comercializados en El Salvador y todos los países centroamericanos cumplan con los estándares de seguridad alimentaria, protegiendo así la salud de los consumidores y permitiendo que los productos mantengan las cualidades esperadas por ellos.

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

1. A los docentes de educación superior inmersos en el área de bromatología y ciencias afines, se recomienda realizar la práctica de determinación de fosfatos con diferentes tipos muestras (salchichas, salami, pepperoni, chorizo, jamones, longaniza, butifarra, etc.), a fin de demostrar la precisión y los niveles de detección que se pueden alcanzar utilizando el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosforico en un periodo de tiempo corto.
2. A la entidad reguladora de alimentos y bebidas Superintendencia de Regulación Sanitaria; ya que a pesar que desde 1998 se cuenta con normativa que regula los aditivos en productos cárnicos procesados de consumo humano, y a partir del año 2018 entro en vigencia el RTCA 67.04.54:18 Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios, no ha sido posible evidenciar que posterior a su registro se realicen controles de vigilancia de los fosfatos en dichos productos; por tanto, se recomienda que se implemente un plan de muestreo conforme a riesgo de los productos disponibles en el mercado para constatar que estos productos no sobrepasen los límites permisibles de fosfatos, tomando en cuenta que son productos de alto consumo por parte de la población y que niveles altos de fosfatos pueden generar enfermedades a la salud.
3. A investigadores interesados en el estudio de aditivos como son los fosfatos en productos cárnicos procesados de consumo humano, que con el fin de dar cumplimiento con el marco legal aplicable y de garantizar el flujo del comercio internacional se debe tomar en cuenta el RTCA 67.04.54:18 Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios, y en caso no encontrarse contemplado el alimento cárnico en estudio o no se establezca el límite del aditivo de interes en dicha reglamentación se aplicará la NSO 67.02.13:98 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

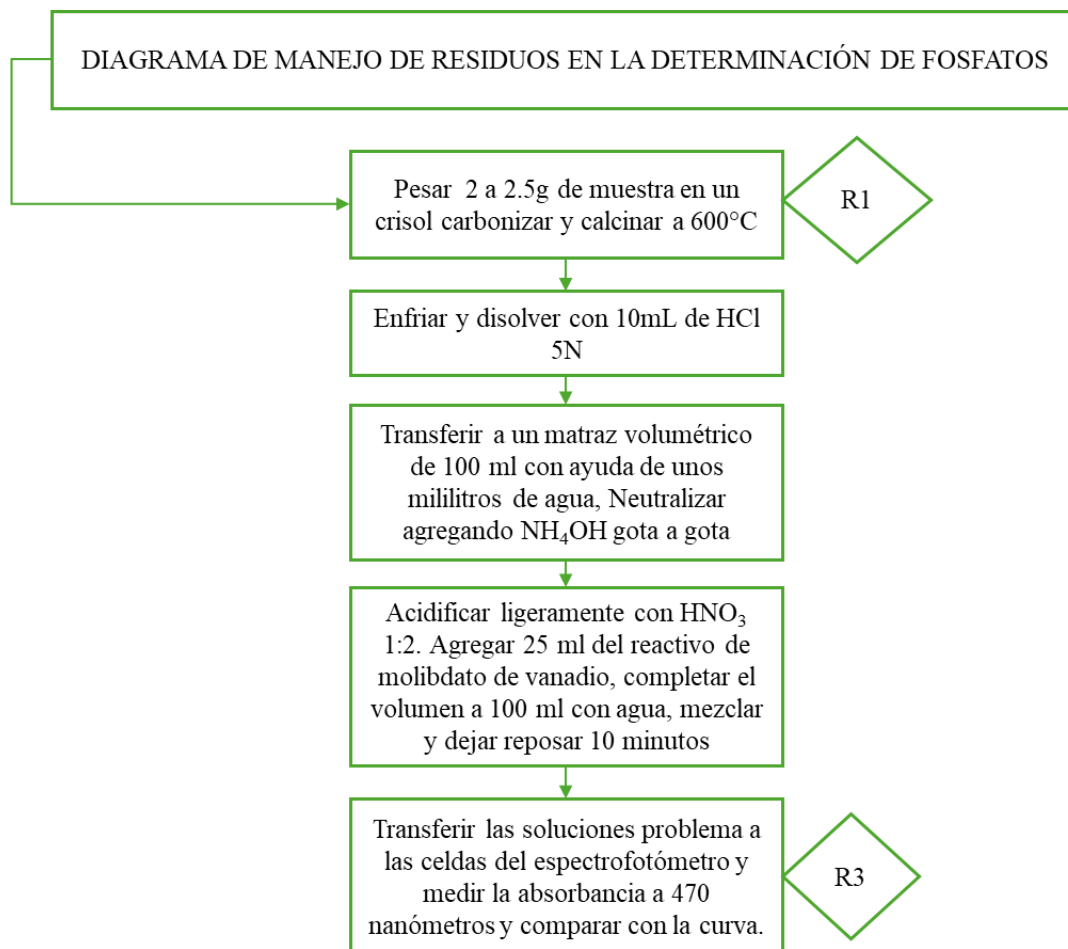
1. Historia. La dieta en la Edad Media: qué comían y cómo se alimentaban [Internet]. Historia. 2023. Disponible en: <https://historia.ovh/cual-era-la-dieta-de-las-personas-en-la-edad-media/>
2. González EA. Historia de la Química de los Alimentos [Internet]. We Love Prof | El blog de Superprof España. Disponible en: <https://www.superprof.es/blog/origenes-quimicaalimentos/>
3. Reyes IA. ORIGEN DE LA FÁBRICACIÓN MASIVA DE LOS ALIMENTOS A NIVEL INDUSTRIAL [Internet]. LinkedIn.com. 2022. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/origen-de-la-f%C3%A1bricaci%C3%B2n-masiva-los-alimentos-nivel-reyes->
4. Orígenes del Codex Alimentarius [Internet]. Fao.org. Disponible en: <https://www.fao.org/4/W9114S/W9114s03.htm>
5. OMS. Aditivos alimentarios [Internet]. Who.int. 11d. C. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>
6. FAO. Codex Alimentarius. NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS [Internet]. Fao.org. 2023. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf
7. European Food Safety Authority. Reevaluación de los fosfatos de ácido fosfórico - di-, tri- y polifosfatos (E 338-341, E 343, E 450-452) como aditivos alimentarios y seguridad de la ampliación de uso propuesta [Internet]. Europa.eu. Disponible en: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2019.5674>
8. Dergal SB. Química de los Alimentos 4a Edición [Internet]. Edu.ar. 2006. Disponible en: <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>

9. Revista Industria y alimentos 62 [Internet]. Issuu. 2014. Disponible en: https://issuu.com/revistaindustriayalimentos/docs/indyal_62_web
10. Dhingra R. Relations of serum phosphorus and calcium levels to the incidence of cardiovascular disease in the community. Arch Intern Med [Internet]. 2007;167(9):879. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17502528/>
11. Fósforo [Internet]. Linus Pauling Institute. 2014 [citado el 18 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/fosforo>
12. CONACYT. NSO 67.02.13:98 Carne y Productos Carnicos. Embutidos Crudos y Cocidos [Internet]. Gob.sv.]. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/EMBUTIDOS/nso67.02.13.98%20EMBUTIDOS.pdf>
13. ¿Qué son los productos cárnicos y cómo se clasifican? [Internet]. Escuela de Postgrado Industrial. 2021. Disponible en: <https://postgradoindustrial.com/que-son-los-productos-carnicos-y-como-se-clasifican/>
14. ARC. Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Disponible en: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/Monographs-Q&A.pdf> questions/réponses
15. Manual de Laboratorio de Laboratorio de Análisis de Alimentos. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa de Tecnología 2010. Trabajo de Grado.
16. López y Célis FCSI. Manual de Practicas de Laboratorios. Tecnología de Carnes [Internet]. Uam.mx. 2013. Disponible en: <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/carnes.pdf>

17. Corso A. Técnicas de análisis en química orgánica. Cromatografía [Internet]. Santiago del estero. 2019. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-44-Cromatografia-CORZO.pdf>
18. Rubinson KA.; Rubinson JF. Análisis instrumental. Madrid: Pearson Education S.A.; 2003.
19. Muntean E. Análisis de alimentos: Uso de cromatografía iónica. Boston: Gruyter; 2022.
20. RTCA 67.04.54:18 Alimentos y bebidas procesadas.
21. NSO 67.02.13:98 Carne y productos cárnicos. Embutidos crudos y cocidos.

ANEXOS

ANEXO N°. 1



R1: Restos de carne, huesos y tejido conectivo enviar a incineración o composteo

R3: Líquido de lectura, reservar y al depósito de residuos para su tratamiento

Figura N°1. Diagrama de manejo de residuos en la determinación de fosfatos

Fuente: Elaboración propia con base en ¹⁶